

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FI05/000134

International filing date: 04 March 2005 (04.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FI  
Number: 20040351  
Filing date: 04 March 2004 (04.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 May 2005 (27.05.2005)

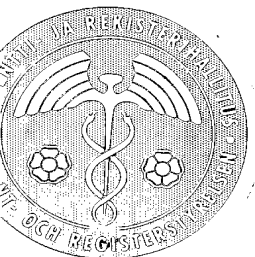
Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

Helsinki 6.5.2005

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

ABB Oy  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20040351

Tekemispäivä  
Filing date

04.03.2004

Kansainvälinen luokka  
International class

G01F

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Mittausmenetelmä ja -järjestely"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings, originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski  
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kaupp- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1142/2004 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1142/2004 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A  
P.O.Box 1160  
FI-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500  
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5328  
Telefax: + 358 9 6939 5328

## Mittausmenetelmä ja -järjestely – Mättningsförfarande och -anordning

5 Keksinnön kohteena on nestevirtauksen mittausmenetelmä ja -järjestely pumppujärjestelmän yhteydessä. Keksintöä sovelletaan edullisimmin sellaisessa pumppujärjestelmässä, jossa pumppua käyttää vaihtovirtamoottori, jonka pyörimisnopeutta ohjataan ohjausyksiköllä, kuten esim. taajuusmuuttajalla.

10 Pumppujärjestelmiä käytetään mm. teollisuudessa ja kunnallistekniikassa. Teollisuudessa pumppujärjestelmät liittyvät useimmin tuotantoprosesseihin, ja kunnallistekniikassa ne liittyvät puhtaan veden, sadeveden ja jäteveden siirtoon. Pumppujärjestelmissä on usein tarpeellista tietää nesteen hetkellinen virtaus ja tietyn ajan kuluessa siirretty nestemäärä. Virtaustietoa tarvitaan useisiin tarkoituksiin. Virtausarvojen avulla on mm. mahdollista tarkistaa pumpun kunto ja toiminta sekä nesteen-siirtojärjestelmän toiminta. Virtaustiedon avulla voidaan havaita ja paikallistaa esim. vuodot ja tukokset nesteensiirtojärjestelmän putkistoissa tai pumpuissa. Vir-  
15 taustietoa voidaan käyttää myös nesteensiirron laskutuksessa. Tuotantoprosesseissa virtaustietoa tarvitaan tuotantoprosessin ohjaukseen ja valvontaan.

20 Nesteiden siirtoon käytettävät pumppujärjestelmät koostuvat yleensä yhdestä tai useammasta pumpusta, joita käytetään sähkökäytöllä. Sähkökäyttö koostuu sopivasta sähkönsyöttöpiiristä, sähkömoottorista ja tämän ohjaukseen ja/tai säätöön soveltuvasta ohjausyksiköstä. Pumppu toimii sähkökäytön kuormana. Yleisin pumppujärjestelmissä käytetty sähkömoottori on vaihtovirtamoottori, erityisesti oikosulkumoottori. Vaihtovirtamoottorin ohjausyksikkönä käytetään usein taajuusmuuttajaa sen tuomien etujen vuoksi. Sähkömoottorin nopeutta säädetään taajuusmuuttajalla, joka muuttaa moottorille syötettävän jännitteen taajuutta. Taajuusmuuttajaa vuoro-  
25 taan säädetään sopivilla sähköisillä ohjaussignaaleilla.

30 Eräs tekniikan tason mukainen pumppujärjestelmä on esitetty kuviossa 1. Pumppua 140 käytetään sähkökäytöllä, joka koostuu sähkönsyötöstä 101, ohjausyksikkönä toimivasti taajuusmuuttajasta 120 sekä vaihtovirtamoottorista 130, joka on tässä tapauksessa kolmivaihemoottori. Moottori on liitetty pumppuun tavallisesti niin, että moottorin pyörintänopeus ja pumpun pyörintänopeus ovat samat. Sähkönsyöttö 101 käsittää vaihtovirtaverkon, kuten kolmivaiheverkon, tai vastaavan vaihtosähkölähteen sähköenergian syöttämiseksi sähkökäyttöön. Pumpun läpi kulkevan nesteen virtausta mitataan kuvion 1 järjestelmässä erillisellä virtausmittalaitteella, johon kuuluvat virtausanturi 151 sekä näytöllä varustettu mittausyksikkö 152.

Virtausanturi voi olla esim. ultraäänianturi tai mekaaninen virtausanturi. Useimmin kuitenkin käytetään ns. paine-eroanturia, joka mittaa virtauksen aiheuttamaa paine-eroa virtauksen suunnassa ja virtausta vastaan olevassa suunnassa. Virtaus  $Q$  voidaan tällöin määrittää seuraavalla kaavalla:

$$5 \quad (1) \quad Q = k * \sqrt{\Delta p}$$

jossa  $k$  on paineantureiden välisen virtaustien määrittämä vakio ja  $\Delta p$  on mitattu paine-ero.

- 10 Erillisen virtausmittarin käyttöön liittyy kuitenkin eräitä epäkohtia. Paine-eroa mittaavalta anturilta edellytetään huomattavaa tarkkuutta, jotta saavutettaisiin tavan-omaisiin sovelluksiin riittävä virtausmittauksen tarkkuus. Siten tällaisten anturien käyttö aiheuttaa huomattavat kustannukset. Lisäksi erillisen virtausmittarin asenta-
- minen vaatii työtä asennuspaikalla, ja sopiva asennuspaikka ja -järjestely virtausmittarille tulee usein suunnitella asennuskohtaisesti. Myös asennuspaikan olosuhteet saattavat vaihdella, minkä vuoksi joudutaan käyttämään erityyppisiä virtausmittareita asennuspaikan olosuhteista riippuen. Nämä tekijät lisäävät asennuksen ja laitteis-
- 15 ton kokonaiskustannuksia.

Keksinnön tarkoituksena on saada aikaan uusi menetelmä ja järjestely virtauksen mittaamiseksi pumppujärjestelmässä, jonka keksinnön avulla voidaan poistaa tai vähentää edellä esitettyyn tekniikan tasoon liittyviä epäkohtia.

- 20 Keksinnön tavoitteet saavutetaan ratkaisulla, jossa virtauksen arvo määritetään ilman suoraa virtausmittausta käyttäen hyväksi pumpun ominaistietoja sekä helposti ja luotettavasti mitattavia suureita. Tällaisia suureita ovat mm. pumpun pyörimisnopeus sekä nesteen paine ja/tai moottorin teho. Sekä moottorin teho että pyörimisnopeus voidaan mitata esim. taajuusmuuttajasta. Keksinnön taustalla onkin oivallus
- 25 hyödyntää ohjausyksikön tietoja vaihtovirtamoottorin tilasta, erityisesti kolmivaihemoottorin ja taajuusmuuttajan kyseessä ollen jännite- ja virtatietoja ja taajuutta. Lisäksi nesteen staattinen paine voidaan mitata yksinkertaisella ja luotettavalla paineanturilla, joka voidaan integroida pumppujärjestelmään. Keksinnön toteutuksessa voidaan edullisesti käyttää kahta pumpun ominaiskäyrää; virtausta tehon funk-
- 30 tionä sekä virtausta paineen funktionä. Tällöin saavutetaan hyvä mittaustarkkuus sekä pienillä että suurilla virtauksen arvoilla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vain yhtä valittua ominaiskäyrää.

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja tekniikan tason ratkaisuihin nähden:

- Virtauksen mittausta varten ei tarvita kallista virtausmittausanturia siihen liittyvine mittausyksiköineen. Myöskään erillisen mittauslaitteiston asennustyötä ei tarvita.

5 - Keksinnön mukaisessa ratkaisussa paineanturit voidaan integroida pumppujärjestelmään sekä mekaanisesti että sähköisesti, jolloin vältetään virtausmittauksesta aiheutuvat ulkoiset liitännät sekä niihin liittyvät vuoto-, luotettavuus ym. riskit.

10 - Keksinnön mukainen mittaus on hyvin luotettava myös siksi, että siinä käytettävät paineanturit ovat yksinkertaisia ja siten kestäviä ja luotettavia. Keksinnön mukainen ratkaisu on myös toteutettavissa ilman paineantureita, jos käytetään vain virtauksen määrittystä tehon perusteella. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa ei siis tarvita herkästi rikkoutuvia virtausantureita.

- Keksinnön mukainen mittausjärjestely on myös asennuspaikan olosuhteista riippumaton; asennuskohtaisia mittauksia tai muita erityisjärjestelyjä ei tarvita.

- Virtaustietoja voidaan helposti käyttää hyväksi pumppujärjestelmän ohjauksessa, koska virtaustieto muodostetaan pumppujärjestelmän ohjausyksikössä.

15 Keksinnön mukaiselle menetelmälle virtauksen mittaamiseksi pumppujärjestelmässä, jossa pumppujärjestelmässä muodostetaan nestevirtaus pumpun avulla ja pumppua käytetään sähkökäytöllä, jossa vaihtosähkömoottorin pyörimisnopeutta ohjataan ohjausyksiköllä, on tunnusomaista se, että menetelmässä

20 - mitataan pumppujärjestelmän ensimmäisen suureen arvo, joka ensimmäinen suure on pumpun teho tai nesteen paine,

- mitataan pumpun pyörimisnopeus,

- määritetään nestevirtauksen suuruus mitattujen ensimmäisen suureen ja pyörimisnopeuden suuruuksien perusteella.

25 Keksinnön mukaiselle järjestelylle virtauksen mittaamiseksi pumppujärjestelmässä, joka käsittää pumpun nestevirtauksen muodostamiseksi, sähkökäytön pumpun käyttämiseksi, joka sähkökäyttö käsittää vaihtosähkömoottorin sekä ohjausyksikön vaihtosähkömoottorin pyörintänopeuden ohjaamiseksi, on tunnusomaista se, että järjestely käsittää

30 - välineet pumppujärjestelmän ensimmäisen suureen arvon mittaamiseksi, joka ensimmäinen suure on pumpun teho tai nesteen paine,

- välineet mitataan pumpun pyörimisnopeuden mittaamiseksi ja
- välineet nestevirtauksen suuruuden määrittämiseksi mitattujen ensimmäisen suureen ja pyörimisnopeuden suuruuksien perusteella.

Keksinnön eräitä suoritusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa.

- 5 Seuraavassa keksintöä ja sen muita etuja selostetaan yksityiskohtaisemmin viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa
- kuvio 1 esittää periaatekuviota taajuusmuuttajalla varustetusta tekniikan tason mukaisesta pumppujärjestelmästä,
- 10 kuvio 2 esittää erästä mittausten perusteella konstruoitua teho-virtauskuvaajaa, jollaista voidaan käyttää esillä olevan keksinnön yhteydessä,
- kuvio 3 esittää erästä mittausten perusteella konstruoitua paine-virtauskuvaajaa, jollaista voidaan käyttää esillä olevan keksinnön yhteydessä,
- kuvio 4 esittää vuokaaviona erästä keksinnön mukaista menetelmää virtauksen määrittämiseksi mitatun tehon avulla,
- 15 kuvio 5 esittää vuokaaviona erästä keksinnön mukaista menetelmää virtauksen määrittämiseksi mitatun kokonaispaineen avulla ja
- kuvio 6 esittää lohkoaviona erästä keksinnön mukaista pumppujärjestelyä.

Kuviota 1 selostettiin jo edellä tekniikan tason kuvauksen yhteydessä.

- 20 Kuvio 2 esittää virtausta  $Q$  tehon  $P$  funktiona erästä pumppujärjestelmästä mitattuna. Kuvaaja on muodostettu käyttäen kuutta mittauspistettä eli parametrien paria:  $(P_0, Q_{0p})$ ,  $(P_1, Q_{1p})$ ,  $(P_2, Q_{2p})$ ,  $(P_3, Q_{3p})$ ,  $(P_4, Q_{4p})$ ,  $(P_5, Q_{5p})$ . Näiden mittauspisteiden välille on lineaarisesti interpoloitu väliarvot. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa onkin edullista tallentaa pienehkö joukko parametripareja ja muodostaa kulloinkin tarvittava arvopari interpolaatiolaskennalla.

- 25 Kuvion 2 esittämä kuvaaja on muodostettu moottorin/pumpun tietylle ennalta määrättylle nimelliselle pyörimisnopeudelle. Jos todellinen pyörimisnopeus poikkeaa tästä nimellisarvosta, on teho ensin muunnettava nimellistä pyörimisnopeutta vastaavaksi ja kuvaajasta/taulukosta saatu virtausarvo on samoin muunnettava todellista pyörimisnopeutta vastaavaksi.

Kuvio 3 esittää virtausta kokonaispaineen funktiona eräästä pumppujärjestelmästä mitattuna. Kuvaaja on muodostettu käyttäen kuutta mittauspistettä eli parametrien paria: (H0, Q0h), (H1, Q1h), (H2, Q2h), (H3, Q3h), (H4, Q4h), (H5, Q5h). Näiden mittauspisteiden välille on lineaarisesti interpoloitu väliarvot. Vastaavasti keksinnön mukaisessa ratkaisussa on edullista tallentaa pienehkö joukko parametripareja ja muodostaa kulloinkin tarvittava arvopari interpolaatiolaskennalla. On huomattava, että tässä yhteydessä paineesta käytetään suuretta nostokorkeus H, joka kuvaa veden nostokorkeutta ja jonka yksikkönä on metri.

Myös kuvion 3 esittämä kuvaaja on muodostettu moottorin/pumpun tietylle ennalta määrätylle nimelliselle pyörimisnopeudelle. Jos todellinen pyörimisnopeus poikkeaa tästä nimellisarvosta, on paine ensin muunnettava nimellistä pyörimisnopeutta vastaavaksi ja kuvaajasta saatu virtausarvo on samoin muunnettava todellista pyörimisnopeutta vastaavaksi.

Kuten kuvioista 2 ja 3 havaitaan, teho-virtauskäyrän avulla saadaan tarkin tulos pienillä virtauksen arvoilla, jolloin käyrän derivaatta on pieni. Vastaavasti paine-virtauskäyrän avulla saadaan tarkin tulos suurilla virtauksen arvoilla, jolloin käyrän derivaatta on samoin itseisarvoltaan pieni.

Kuvio 4 esittää vuokaaviona erästä keksinnön mukaista menetelmää virtauksen määrittämiseksi pumppua käyttävän tehon P avulla. Vaihe 400 kuvaa pumppujärjestelmän käynnistämistä. Tämän jälkeen vaiheessa 402 mitataan pumpun käyttötehon P arvo tässä tapauksessa taajuusmuuttajasta. Käyttöteho on saatavissa taajuusmuuttajasta suoraan tehoa kuvaavana signaalina, tai vaihtoehtoisesti taajuusmuuttajasta saadaan moottorin jännite- ja virtaa kuvaavat signaalit, joiden perusteella teho voidaan laskea. Käyttötehon P arvo kerrotaan moottorin hyötysuhdekertoimella vaiheessa 404.

Seuraavaksi vaiheessa 406 saatu tehoarvo muunnetaan vastaamaan sitä nimellisyörimisnopeutta, jolle teho-virtaus taulukko on laadittu ja tallennettu. Muunnettu teho  $P_n$  saadaan seuraavasti:

$$(2) \quad P_n = P_v * (v_n / v)^3$$

jossa  $P_v$  on todellisella pyörimisnopeudella mitattu teho,  $v$  on todellinen pyörimisnopeus ja  $v_n$  on nimellisyörimisnopeus. Todellinen pyörimisnopeus mitataan edullisimmin ohjainyksiköstä, kuten taajuusmuuttajasta, määrittämällä vaihtosähkömoottorin syöttövirran taajuus. Mainittu nopeusmittaus voidaan suorittaa esim. vaiheessa 402 tai 406.

Tämän jälkeen, vaihe 410, edellä saatu tehoarvo  $P_n$  sovitetaan teho-virtaustaulukkoon, jolle tarvittaessa suoritetaan interpolaatio oikean arvoparin saamiseksi. Interpolaatio voi olla lineaarinen, jolloin se perustuu taulukossa haettua arvoa lähimpänä oleviin kahteen parametripariin. Interpolaatio voi vaihtoehtoisesti perustua myös monimutkaisempaan kaavaan, jossa otetaan huomioon useampia taulukon pisteitä. Näin taulukosta saadaan nimellistä pyörimisnopeutta vastaava virtauksen arvo  $Q_n$ .

Seuraavaksi vaiheessa 412 tarkastetaan onko saatu virtauksen arvo sillä virtausarvojen alueella, jolla käytetään tehoon perustuvaa virtauksen määrittelyä. Mikäli virtausarvo on ko. alueella, jatketaan mittausta vaiheessa 416, Jos virtausarvo on alueella, jolla käytetään paineeseen perustuvaa määrittelyä, siirrytään paineeseen perustuvaan mittaukseen, vaihe 414. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vain yhtä virtauksen määrittelytapaa, tai eräänä vaihtoehtona voidaan käyttää jokaisessa mittauksessa kahta rinnakkaista mittaustapaa (paine ja teho), jolloin virtausarvon lopputulos on esim. paineen ja tehon perusteella saatujen virtausarvojen ennalta määrätty matemaattinen funktio, kuten keskiarvo.

Vaiheessa 416 edellä saatu virtausarvo  $Q_n$  muunnetaan todellista pyörimisnopeutta  $v$  vastaavaksi virtausarvoksi  $Q_v$ :

$$(3) \quad Q_v = Q_n * v / v_n$$

Näin saatu virtausarvo esitetään näytöllä, vaihe 418, ja/tai lähetetään tiedonsiirto-kanavan välityksellä muualle käsiteltäväksi. Lisäksi hetkelliset virtausarvot summataan muistiin kumuloidun virtausmäärän määrittämiseksi. Kumuloitu virtausmäärä tallennetaan edullisesti muistiin, josta tiedot eivät häviä mahdollisen sähkökatkon aikana. Kumuloituneen virtauksen tieto voidaan myös järjestää haluttaessa nollattavaksi.

Kuvio 5 esittää vuokaaviona erästä keksinnön mukaista menetelmää virtauksen määrittämiseksi virtaavan nesteen paineen avulla. Vaihe 500 kuvaa pumppujärjestelmän käynnistämistä. Tämän jälkeen tapahtuva virtauksen mittausta suoritetaan nesteen kokonaispaineen perusteella. Kokonaispaine  $H$  saadaan seuraavasti:

$$(4) \quad H = H_s + H_d + \Delta h$$

jossa  $H_s$  on staattinen paine ja tarkoittaa lähtöpaineen ja tulopaineen erotusta.  $H_d$  on dynaaminen paine ja  $\Delta h$  on staattisten paineantureiden välinen korkeusero. Dynaaminen paine  $H_d$  aiheutuu nesteen virtauksesta seuraavasti:



$$(5) \quad H_d = V^2 / 2g$$

jossa  $V$  on nesteen virtausnopeus ja  $g$  on gravitaatiokiihtyvyys. Koska nesteen virtausnopeutta ei ensimmäisessä mittauksessa tiedetä, voidaan ensimmäisissä mittauksissa käynnistytyn jälkeen (esim. 10 s ajan) käyttää dynaamisen paineen arvona nollaa tai muuta ennalta arvioitua vakioarvoa, vaihe 502.

Staattisten tulo- ja lähtöpaineiden perusteella laskettu kokonaispaine, 506, muunnetaan seuraavaksi vaiheessa 508 vastaamaan sitä nimellispöörimisnopeutta, jolle paine-virtaus taulukko on laadittu ja tallennettu. Muunnettu paine  $H_n$  saadaan seuraavasti:

$$(6) \quad H_n = H_v * (v_n / v)^2$$

jossa  $H_v$  on todellisella pöörimisnopeudella mitattu kokonaispaine,  $v$  on todellinen pöörimisnopeus ja  $v_n$  on pumpun nimellispöörimisnopeus. Todellinen pöörimisnopeus mitataan edullisimmin ohjainyksiköstä, kuten taajuusmuuttajasta, määrittämällä vaihtosähkömoottorin syöttövirran taajuus. Mainittu nopeusmittaus kuuluu edullisesti myös vaiheeseen 508.

Seuraavaksi vaiheessa 510 tarkastetaan onko saatu mitatun paineen arvo sillä painearvojen alueella, jolla käytetään paineeseen perustuvaa virtauksen määrittelyä. Mikäli virtausarvo on ko. alueella, jatketaan mittauksia vaiheessa 514, Jos painearvo on alueella, jolla käytetään tehoon perustuvaa määrittelyä, siirrytään tehoon perustuvaan mittaukseen, vaihe 512. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vain yhtä virtauksen määrittelytapaa, tai eräänä vaihtoehtona voidaan käyttää jokaisessa mittauksessa kahta rinnakkaista mittaustapaa (paine ja teho).

Vaiheessa 514 edellä saatu painearvo  $H_n$  sovitetaan paine-virtaus taulukkoon, jolle tarvittaessa suoritetaan interpolaatio oikean arvoparin saamiseksi. Interpolaatio voi olla lineaarinen, jolloin se perustuu taulukossa haettua arvoa lähimpänä oleviin kahden parametripariin. Interpolaatio voi vaihtoehtoisesti perustua myös monimutkaisempaan kaavaan, jossa otetaan huomioon useampia taulukon pisteitä. Näin taulukosta saadaan nimellistä pöörimisnopeutta vastaava virtauksen arvo  $Q_n$ .

Saatu virtausarvo  $Q_n$  muunnetaan vaiheessa 516 todellista pöörimisnopeutta  $v$  vastaavaksi virtausarvoksi  $Q_v$ :

$$(7) \quad Q_v = Q_n * v / v_n$$

- Näin saatu virtausarvo esitetään näytöllä, vaihe 518, ja/tai lähetetään tiedonsiirtokanavan välityksellä muualle käsiteltäväksi. Lisäksi hetkelliset virtausarvot summataan muistiin esim. kerran minuutissa kumuloidun virtausmäärän määrittämiseksi. Kumuloitu virtausmäärä tallennetaan edullisesti muistiin, josta tiedot eivät häviä mahdollisen sähkökatkon aikana. Kumuloituneen virtauksen tieto voidaan myös järjestää haluttaessa nollattavaksi.

Seuraavassa vaiheessa 520 lasketaan dynaamiselle paineelle uusi estimaattiarvo kaavalla (5), kun ensin lasketaan virtausnopeus V:

$$(8) \quad V = Q / (\pi * (D_{out} / 2)^2) - (\pi * (D_{in} / 2)^2)$$

- 10 jossa  $D_{out}$  on lähtöputken halkaisija ja  $D_{in}$  on tuloputken halkaisija.

Tämän jälkeen mittaus uusitaan toistuvasti ja dynaamisen paineen arvo lähestyy oikeaa arvoaan käynnistyksen jälkeen.

- 15 Kuvio 6 esittää lohkokaaviota eräästä keksinnön mukaisesta järjestelystä virtauksen mittaamiseksi pumppujärjestelmässä. Järjestelmässä on pumppua 240 käyttävä sähkökäyttö, joka koostuu sähkösyötöstä 201, taajuusmuuttajasta 220 ja vaihtovirtamoottorista 230. Taajuusmuuttajassa 220 on esitetty erillisenä kytkimiä 229 ohjaava ohjain 228, joka suorittaa taajuusmuuttajan toiminnan ohjauksen. Ohjain suorittaa myös virtausarvojen laskennan esillä olevan keksinnön mukaisesti. Ohjain saa pumpun tuloon ja lähtöön liitetyiltä paineantureilta 241 ja 242 staattista painetta kuvaavat signaalit. Edelleen ohjain muodostaa moottorin syöttötaajuussignaalin, joka
- 20 kuvaa moottorin pyörimisnopeutta, sekä moottorin tehoa kuvaavan signaalin virtausarvojen laskemista varten. Muodostettu hetkellinen ja kumulatiivinen virtausarvo esitetään ohjaimen liittyvällä näytöllä 224. Ohjaimessa voi olla myös liitäntä virtaustiedon siirtämiseksi muuhun laitteeseen tai tiedonsiirtokanavaan.

- 25 Taajuusmuuttajalla varustetussa sähkökäytössä mitataan normaalisti sähkömoottorin eri vaiheiden syöttövirtaa I ja -jännitettä U sekä taajuutta f sähkömoottorin nopeuden säätämiseksi. Sääto toteutetaan ohjausyksikössä 228, johon ohjausohje annetaan sopivana sähkösignaalina sähkökäytön ulkopuolelta, esim. prosessin mittaustiedoista sopivana nopeusohjeena. Mainittujen virtojen ja jännitteiden I, U avulla sähkömoottorin teho on laskettavissa esim. ohjaimessa 228 kunakin ajanhetkenä ja tätä on mahdollista käyttää virtauksen laskemiseen esillä olevan keksinnön mukaisesti.
- 30

Ohjausyksikkö käsittää edullisesti prosessorin 221, joka suorittaa virtauksen määrittelyyn liittyvän laskennan sekä suorittaa ohjausyksikön toimintojen ohjauksen. Oh-

jausyksikkö käsittää myös muistiyksikön 222, johon tallennetaan pumpun ominaisparametrit sekä prosessoria ohjaavat ohjelmat. Lisäksi ohjausyksikössä on mittausyksikkö 223, joka vastaanottaa ja käsittelee paineantureilta ja/tai moottorin ohjauksesta saatavat signaalit.

- 5 On huomattava, että edellä esitetyssä esimerkissä on käytetty tiettyyn pyörimisnopeuden nimellisarvoon muodostettuja parametritaulukoita, jolloin taulukon käyttämiseksi toisaalta teholle/paineelle ja toisaalta saadulle virtausarvolle on suoritettava nopeusmuunnos. Eräs toinen mahdollisuus olisi muodostaa taulukot useille pyörimisnopeuksille, jolloin käytettäisiin aina taulukkoa, joka olisi lähimpänä todellista
- 10 pyörimisnopeuden arvoa. Taulukko olisi tällöin kolmiulotteinen ja tulomuuttujat olisivat pyörimisnopeus ja paine/teho sekä lähtösuurena virtaus.

- On huomattava, että yhdellä keksinnön mukaisella mittausjärjestelyllä voidaan analysoida yhden tai useamman pumppuaseman virtaus samanaikaisesti. Mittaus on sovitettavissa itse sähkökäytön ohjausyksikön, kuten taajuusmuuttajan, osaksi tai se
- 15 voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa yhden tai useamman sähkökäytön ulkopuolisena järjestelynä. Tällöin ulkopuolinen mittausjärjestely on edullisesti yhdistetty sähkökäyttöön/sähkökäyttöihin sopivan tiedonsiirtoväylän avulla.

- Edellä keksintöä on selostettu lähinnä sellaisen sähkökäytön avulla, johon kuuluu ohjausyksikkönä taajuusmuuttaja. Kuitenkin alan ammattimiehelle on selvää soveltaa keksintöä muunkinlaisiin sähkökäytön ohjausyksiköihin. Olennaista näissä ohjausyksiköissä on sähkömoottorin tehon ja/tai taajuuden mittaukset nestevirtauksen määrittämiseksi, joita mittaussignaaleja nimenomaan hyödynnetään keksinnössä.
- 20

- Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyä sovellusesimerkkiä koskevaksi, vaan monet muunnokset ovat mahdollisia pysyttäessä itsenäisten patenttivaatimusten
- 25 määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä virtauksen mittaamiseksi pumppujärjestelmässä, jossa pumppujärjestelmässä muodostetaan nestevirtaus pumpun avulla ja pumppua käytetään sähkökäytöllä, jossa vaihtosähkömoottorin pyörimisnopeutta ohjataan ohjausyksiköllä,  
5 **tunnettu** siitä, että menetelmässä
- mitataan (402, 504) pumppujärjestelmän ensimmäisen suureen arvo, joka ensimmäinen suure on pumpun teho (P) tai nesteen paine (H),
  - mitataan pumpun pyörimisnopeus (v),
  - määritetään nestevirtauksen suuruus (410, 416, 514, 516) mitattujen ensimmäisen  
10 suureen ja pyörimisnopeuden suuruuksien perusteella.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mitataan vaihtosähkömoottoria syöttävän virran taajuus ja moottorin pyörimisnopeus määritetään mitatun syöttötaajuuden perusteella.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen mittaussuure on vaihtovirtamoottorin teho (P).  
15
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mitataan vaihtovirtamoottorin syöttövirta ja -jännite, ja vaihtomoottorin teho (P) määritetään mitattujen virta-arvon (I) ja jännitearvon (U) perusteella.
5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muodostetaan ja tallennetaan taulukko parametripareista, jossa kussakin parissa on toisiaan vastaavat tehoarvo ja virtausarvo ennalta määrätyllä moottorin nimellispyörintänopeudella, jolloin tiettyä taulukkoon sovitettavaa tehoarvoa vastaava virtausarvo on luet-  
20 tavissa taulukosta virtauksen arvon määrittämiseksi.
6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
- mitattu tehoarvo muunnetaan nimellistä pyörintänopeutta vastaavaksi (406),  
25
  - mainitusta taulukosta luetaan muunnettua tehoarvoa vastaava virtauksen arvo (410) ja
  - taulukosta luettu virtauksen arvo muunnetaan mitattua pyörintänopeutta vastaavaksi (416).

7. Patenttivaatimuksen 5 tai 6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että milloin taulukossa ei esiinny taulukkoon sovitettavaa tehoarvoa, suoritetaan interpolointi taulukon ainakin kahden parametriparin perusteella virtausarvon muodostamiseksi taulukkoon sovitettavalle tehoarvolle.

5 8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen mittaussuure on nesteen kokonaispaine (H).

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mitataan pumpun otossa vaikuttava nesteen ensimmäinen staattinen painearvo ja mitataan pumpun lähdössä vaikuttava nesteen toinen staattinen painearvo ja kokonaispaine  
10 muodostetaan määrittämällä toisen staattisen painearvon ja ensimmäisen staattisen painearvon erotus.

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mitataan pumpun otossa vaikuttava nesteen ensimmäinen staattinen painearvo, mitataan pumpun lähdössä vaikuttava nesteen toinen staattinen painearvo, määritetään dynaamisen paineen arvo, ja kokonaispaine muodostetaan määrittämällä toisen staattisen painearvon ja ensimmäisen staattisen painearvon erotus ja lisäämällä saatuun erotukseen dynaamisen paineen arvo.  
15

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että dynaamisen paineen lähtöarvoksi annetaan ennalta määrätty vakioarvo ja tämän jälkeen dynaamisen paineen arvo arvioidaan määritetyn virtauksen arvon perusteella.  
20

12. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muodostetaan ja tallennetaan taulukko parametripareista, jossa kussakin parissa on toisiaan vastaavat painearvo ja virtausarvo ennalta määrättyllä moottorin nimellispyörintänopeudella, jolloin tiettyä taulukkoon sovitettavaa painearvoa vastaava virtausarvo on luettavissa taulukosta virtauksen arvon määrittämiseksi.  
25

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että

- mitattu painearvo muunnetaan nimellistä pyörintänopeutta vastaavaksi (508),

- mainitusta taulukosta luetaan muunnettua tehoarvoa vastaava virtauksen arvo (514) ja

30 - taulukosta luettu virtauksen arvo muunnetaan mitattua pyörintänopeutta vastaavaksi (516).

14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että milloin taulukossa ei esiinny taulukkoon sovitettavaa painearvoa, suoritetaan interpolointi taulukon ainakin kahden parametriparin perusteella virtausarvon muodostamiseksi taulukkoon sovitettavalle painearvolle.

5 15. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritetään ensimmäinen virtausarvojen alue ja toinen virtausarvojen alue, jolloin virtauksen arvo määritetään mitatun tehon avulla, kun edellisen mittauksen mukaisesti virtauksen arvo on ensimmäisellä virtausarvojen alueella, ja virtauksen arvo määritetään nesteen mitatun paineen perusteella, kun edellisen mittauksen mukaisesti virtauksen  
10 arvo on toisella virtausarvojen alueella.

16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut ensimmäinen virtausarvojen alue ja toinen virtausarvojen alue valitaan siten, että ensimmäisellä virtausarvojen alueella virtauksen muutoksen herkkyyden itseisarvo tehon tiettyyn suhteelliseen muutokseen on pienempi kuin nesteen paineen samaan  
15 suhteelliseen muutokseen ja että toisella virtausarvojen alueella virtauksen muutoksen herkkyyden itseisarvo nesteen paineen tiettyyn suhteelliseen muutokseen on pienempi kuin tehon samaan suhteelliseen muutokseen.

17. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kukin virtausarvo määritetään sekä nesteen paineen että tehon perusteella, jolloin virtausarvon lopputulos on paineen ja tehon perusteella saatujen virtausarvojen ennalta määrätty matemaattinen funktio.  
20

18. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mitattuja virtausarvoja summataan kumulatiivisen virtauksen määrittämiseksi (418, 518).

19. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että virtausarvon  
25 laskenta suoritetaan ohjausyksikössä.

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että virtausarvon laskennassa käytetään ohjausyksikön toimintaa ohjaavaa prosessoria.

21. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritetty virtausarvo esitetään ohjausyksikön näytöllä ja/tai lähetetään tiedonsiirtokanavaan.

30 22. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritettyä virtausarvoa käytetään sähkökäytön ohjausparametrina.

23. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö on taajuusmuuttaja.

24. Järjestely virtauksen mittaamiseksi pumppujärjestelmässä, joka käsittää pumpun (240) nestevirtauksen muodostamiseksi, sähkökäytön pumpun käyttämiseksi, joka sähkökäyttö käsittää vaihtosähkömoottorin (230) sekä ohjausyksikön (220) vaihtosähkömoottorin pyörintänopeuden ohjaamiseksi, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää

- välineet (221, 223, 244, 245) pumppujärjestelmän ensimmäisen suureen arvon mittaamiseksi, joka ensimmäinen suure on pumpun teho (P) tai nesteen paine (H),

10 - välineet (221, 223, 228) pumpun pyörimisnopeuden (v) mittaamiseksi ja

- välineet (221, 222) nestevirtauksen suuruuden määrittämiseksi mitattujen ensimmäisen suureen ja pyörimisnopeuden suuruuksien perusteella.

25. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö (220) käsittää välineet (223, 228) vaihtosähkömoottoria syöttävän virran taajuuden mittaamiseksi ja välineet (221, 222) moottorin pyörimisnopeuden määrittämiseksi mitatun syöttötaajuuden perusteella.

26. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen mittaussuure on vaihtovirtamoottorin teho (P).

20 27. Patenttivaatimuksen 26 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö (220) käsittää välineet (221, 223, 228) vaihtovirtamoottorin syöttövirran ja -jännitteen mittaamiseksi ja välineet (221, 222) vaihtomoottorin tehon (P) määrittämiseksi mitattujen virta-arvon (I) ja jännitearvon (U) perusteella.

25 28. Patenttivaatimuksen 26 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (222) parametriparien taulukon tallentamiseksi, joissa kussakin parissa on toisiaan vastaavat tehoarvo ja virtausarvo ennalta määrätyllä moottorin nimellispyörintänopeudella, jolloin tiettyä taulukkoon sovitettavaa tehoarvoa vastaava virtausarvo on järjestetty luettavaksi taulukosta virtauksen arvon määrittämiseksi.

29. Patenttivaatimuksen 28 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää

30 - välineet (221, 222) mitatun tehoarvo muuntamiseksi nimellistä pyörintänopeutta vastaavaksi,

- välineet (221, 222) muunnettua tehoarvoa vastaavan virtauksen arvon lukemiseksi mainitusta taulukosta ja

- välineet (221, 222) taulukosta luetun virtauksen arvon muuntamiseksi mitattua pyörintänopeutta vastaavaksi.

- 5 30. Patenttivaatimuksen 28 tai 29 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että milloin taulukossa ei esiinny taulukkoon sovitettavaa tehoarvoa, on ohjausyksikkö (220, 221, 222) sovitettu suorittamaan interpolointi taulukon ainakin kahden parametriparin perusteella virtausarvon muodostamiseksi taulukkoon sovitettavalle tehoarvolle.
- 10 31. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen mittaussuure on nesteen kokonaispaine (H).
- 15 32. Patenttivaatimuksen 31 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää ensimmäisen paineanturin (244) pumpun otossa vaikuttava nesteen ensimmäisen staattisen painearvon mittaamiseksi ja toisen paineanturin (245) pumpun lähdössä vaikuttava nesteen toisen staattisen painearvon mittaamiseksi, jolloin kokonaispaine on järjestetty muodostettavaksi määrittämällä toisen staattisen painearvon ja ensimmäisen staattisen painearvon erotus.
- 20 33. Patenttivaatimuksen 31 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää ensimmäisen paineanturin (244) pumpun otossa vaikuttava nesteen ensimmäisen staattisen painearvon mittaamiseksi ja toisen paineanturin (245) pumpun lähdössä vaikuttava nesteen toisen staattisen painearvon mittaamiseksi, jolloin kokonaispaine on järjestetty muodostettavaksi määrittämällä toisen staattisen painearvon ja ensimmäisen staattisen painearvon erotus ja lisäämällä saatuun erotukseen dynaamisen paineen arvo.
- 25 34. Patenttivaatimuksen 33 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että dynaamisen paineen lähtöarvoksi on järjestetty annettavaksi ennalta määrätty vakioarvo ja tämän jälkeen dynaamisen paineen arvo on järjestetty arvioitavaksi määritetyn virtauksen arvon perusteella.
- 30 35. Patenttivaatimuksen 31 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö on järjestetty muodostamaan ja tallentamaan taulukko parametripareista, jossa kussakin parissa on toisiaan vastaavat painearvo ja virtausarvo ennalta määrättyllä moottorin nimellispyörintänopeudella, jolloin tiettyä taulukkoon sovitettavaa



painearvoa vastaava virtausarvo on järjestetty luettavaksi taulukosta virtauksen arvosta määrittämiseksi.

36. Patenttivaatimuksen 35 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää

- 5 - välineet (221, 222) mitatun painearvon muuntamiseksi nimellistä pyörintänopeutta vastaavaksi,
- välineet (221, 222) muunnettua tehoarvoa vastaavan virtauksen arvosta lukemiseksi mainitusta taulukosta ja
- välineet (221, 222) taulukosta luetun virtauksen arvosta muuntamiseksi mitattua pyörintänopeutta vastaavaksi.

37. Patenttivaatimuksen 35 tai 36 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että milloin taulukossa ei esiinny taulukkoon sovitettavaa painearvoa, ohjausyksikkö on järjestetty suorittamaan interpoloinnin taulukon ainakin kahden parametriparin perusteella virtausarvon muodostamiseksi taulukkoon sovitettavalle painearvolle.

- 15 38. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (222) ensimmäinen virtausarvojen alueen ja toinen virtausarvojen alueen tallentamiseksi, ja jolloin virtauksen arvo on järjestetty määritettäväksi mitatun tehon avulla, kun edellisen mittauksen mukaisesti virtauksen arvo on ensimmäisellä virtausarvojen alueella, ja virtauksen arvo on järjestetty määritettäväksi nesteen mitatun paineen perusteella, kun edellisen mittauksen mukaisesti virtauksen arvo on toisella virtausarvojen alueella.

- 20 39. Patenttivaatimuksen 38 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen virtausarvojen alue ja toinen virtausarvojen alue on järjestetty valittaviksi siten, että ensimmäisellä virtausarvojen alueella virtauksen muutoksen herkkyyden itseisarvo tehon tiettyyn suhteelliseen muutokseen on pienempi kuin nesteen paineen samaan suhteelliseen muutokseen ja että toisella virtausarvojen alueella virtauksen muutoksen herkkyyden itseisarvo nesteen paineen tiettyyn suhteelliseen muutokseen on pienempi kuin tehon samaan suhteelliseen muutokseen.

- 25 40. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että kukin virtausarvo on järjestetty määritettäväksi sekä nesteen paineen että tehon perusteella, jolloin virtausarvon lopputulos on paineen ja tehon perusteella saatujen virtausarvojen ennalta määrätty matemaattinen funktio.

41. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (221) mitattujen virtausarvojen summaamiseksi kumulatiivisen virtauksen määrittämiseksi sekä välineet (222) kumulatiivisen virtauksen arvon tallentamiseksi.

5 42. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että välineet (221, 222, 223, 228) virtausarvon laskemiseksi kuuluvat ohjausyksikköön (220).

10 43. Patenttivaatimuksen 42 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö (220) käsittää prosessorin (221) ohjausyksikön toiminnan ohjaamiseksi, ja mainittu prosessori on suoritettu suorittamaan virtausarvon laskennan.

44. Patenttivaatimuksen 42 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö (220) käsittää näytön (224) määritetyn virtausarvon esittämiseksi ja/tai ohjausyksikkö käsittää välineet virtausarvotiedon lähettämiseksi tiedonsiirtokanavaan.

15 45. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö on järjestetty käyttämään määritettyä virtausarvoa sähkökäytön ohjausparametrina.

46. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö (220) on taajuusmuuttaja.

20 47. Patenttivaatimuksen 24 mukainen mittausjärjestely, **tunnettu** siitä, että ohjausyksikkö (220) käsittää

- mittausyksikön (223), joka vastaanottaa ja käsittelee paineantureilta ja/tai moottorin ohjauksesta saatavat signaalit,

25 - muistiyksikön (222), johon tallennetaan pumpun ominaisparametrit sekä prosessoria ohjaava ohjelma,

- prosessorin (221), jolla lasketaan virtausarvo.

### (57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena on nestevirtauksen mittausmenetelmä ja -järjestely pumppujärjestelmän yhteydessä. Keksintöä sovelletaan edullisimmin sellaisessa pumppujärjestelmässä, jossa pumppua (240) käyttää vaihtovirtamoottori (230), jonka pyörimisnopeutta ohjataan ohjausyksiköllä (220), kuten esim. taajuusmuuttajalla. Keksinnön mukaisesti virtaus määritetään ilman suoraa virtausmittausta käyttäen hyväksi pumpun ominaistietoja sekä helposti ja luotettavasti mitattavia suureita. Tällaisia suureita ovat pumpun pyörimisnopeus sekä nesteen paine ja/tai moottorin teho. Sekä moottorin teho että pyörimisnopeus voidaan mitata mm. taajuusmuuttajasta (220). Lisäksi staattinen nesteen paine voidaan mitata yksinkertaisella ja luotettavalla paineanturilla (244, 245), joka voidaan integroida pumppujärjestelmään. Keksinnön toteutuksessa voidaan edullisesti käyttää kahta pumpun ominaiskäyrää; virtausta tehon funktiona sekä virtausta paineen funktiona. Tällöin saavutetaan hyvä mittaus-tarkkuus sekä pienillä että suurilla virtauksen arvoilla.

(Kuva 6)

LG

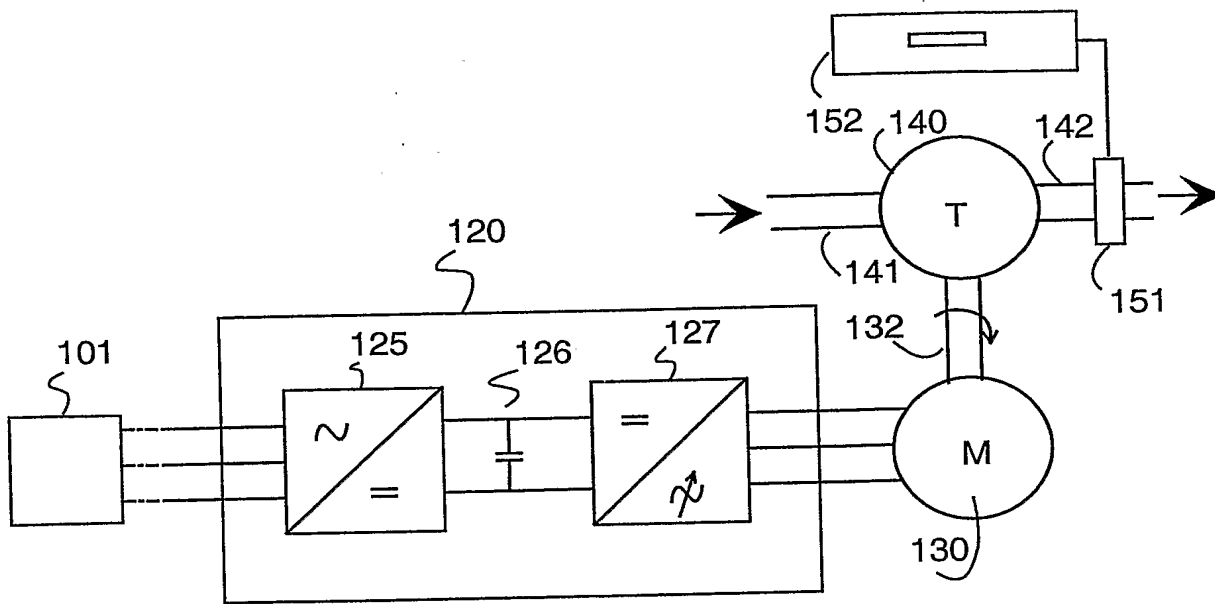


FIG. 1  
PRIOR ART

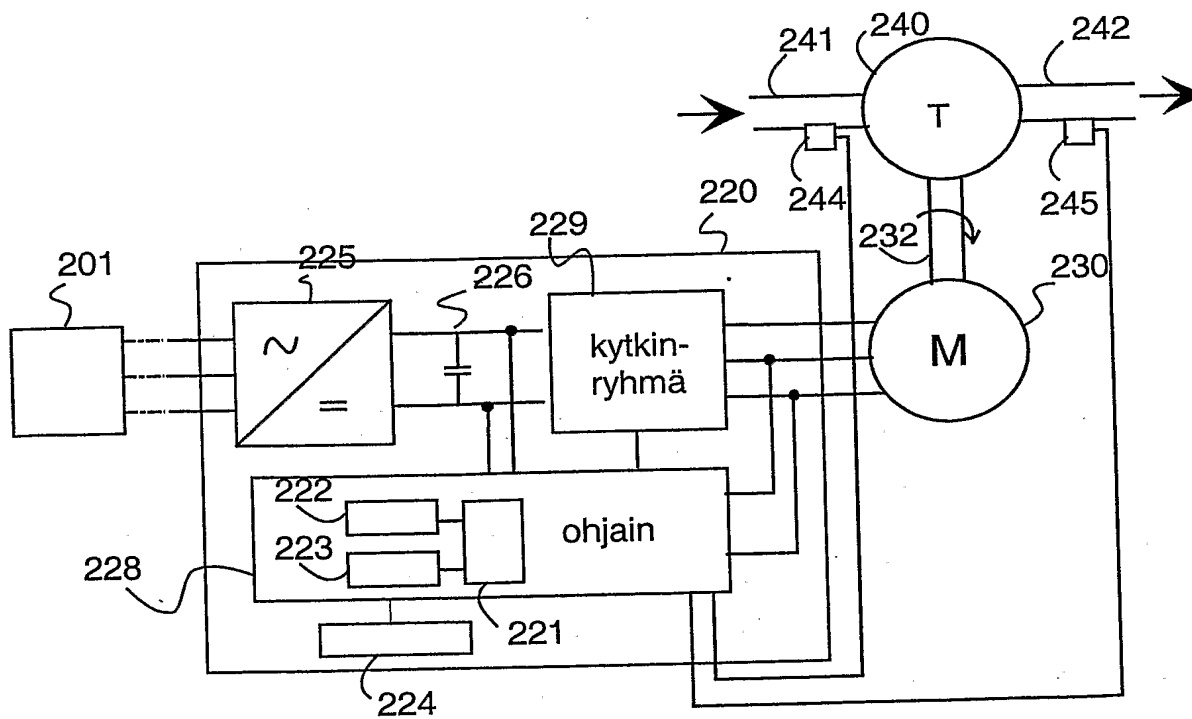


FIG. 6

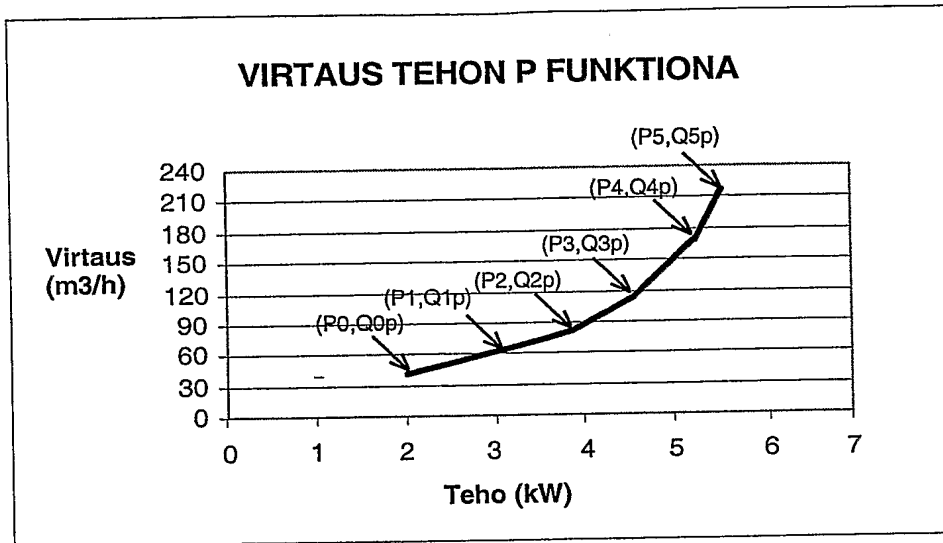


FIG. 2

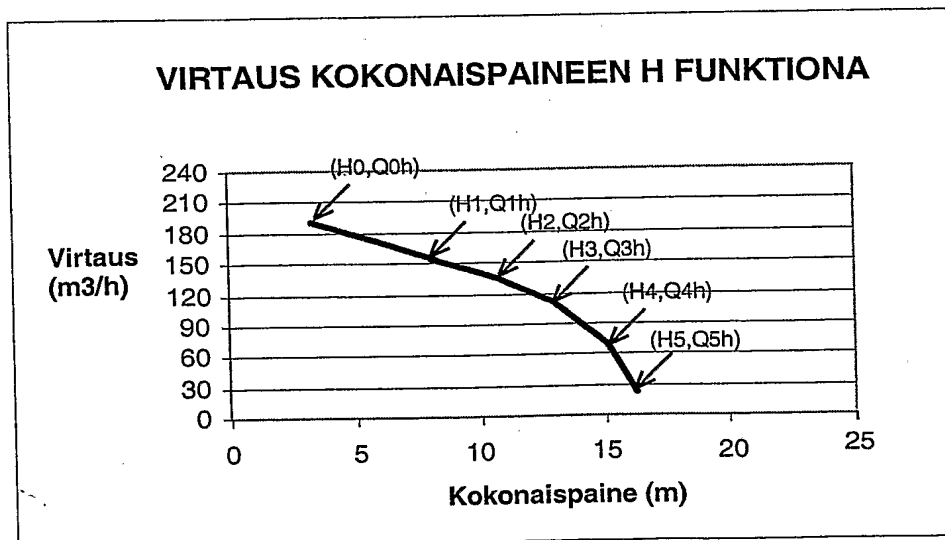


FIG. 3

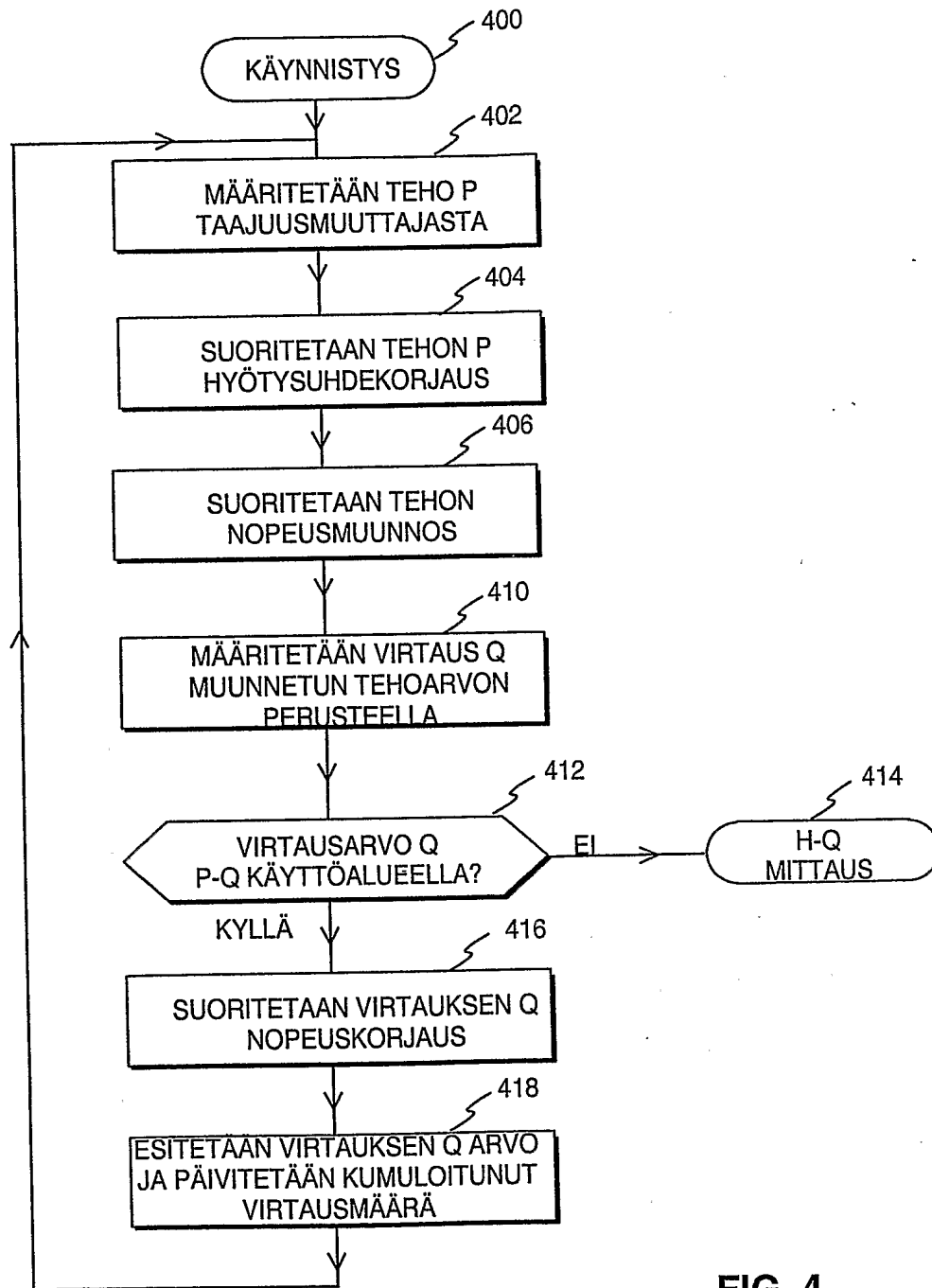


FIG. 4

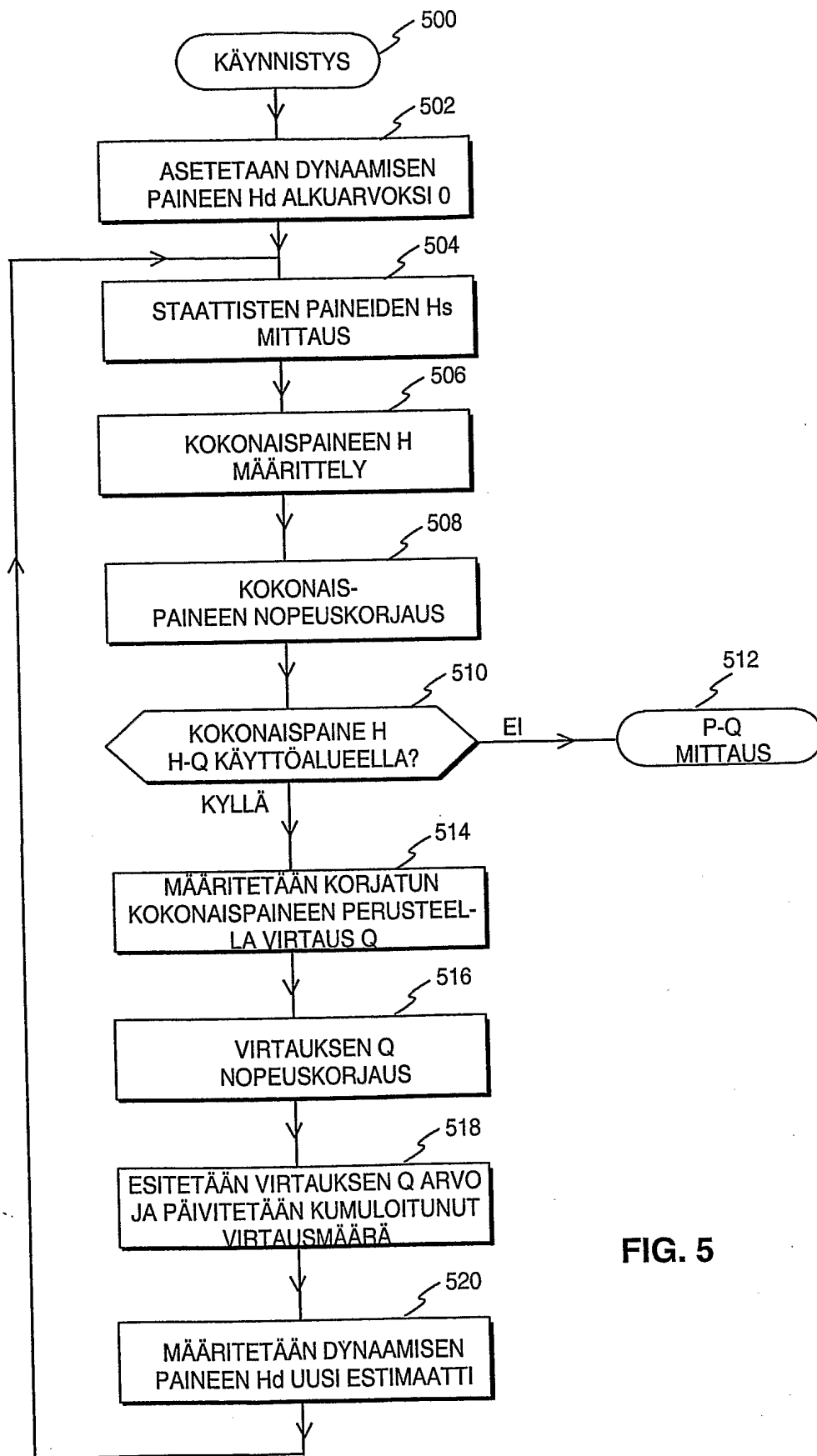


FIG. 5